

高精度周波数分析による 漏水音識別装置の開発

米澤良雅

東京都水道局経営計画部技術開発室
東京都新宿区西新宿2丁目8番1号

概要

東京都水道局は、漏水防止対策を最重点施策の一つとして取り組んでいる。しかし、都市騒音の増大など作業環境の悪化により、現行の音聴による方式では漏水の発見が困難になりつつある。このため都市騒音の中でも漏水音を正確に識別できる漏水音識別装置の開発を進めている。

この装置は、漏水探査音の周波数を高精度周波数分析することにより漏水音と雑音の音紋をさぐりだし、その音紋の違いに着目し、漏水音を識別する装置である。現在、その装置の試作を進めているので以下にその概要を報告する。

キーワード

高精度周波数分析 音紋

1 はじめに

都内に網の目状に布設されている水道管は、約21,000Kmにも及ぶ。これらの水道管は、通行車両による振動や腐食性土壌、他の工事等の影響を受け、常に漏水の危険にさらされている。

漏水は、貴重な水資源の損失となるばかりでなく、道路陥没やビル、建物等への浸水等、大きな二次災害をもたらすおそれもある。このようなことから東京水道は、漏水の発見、防止を最重点施策の一つとして位置づけて取り組んできた。その結果、昭和35年に22.0%もあった漏水率を平成5年には9.9%まで改善してきた。

現行の漏水発見作業は、直接耳や、集音装置で漏水音を聴く音聴方式が採用されている。しかし、音に頼る方式は、近年の道路交通量の増大や活発な都市活動などによる都市騒音の増加によって、次第に難しくなっている。このため、今日の漏水発見は、主として都市騒音が低下する深夜時間帯での熟練者による音聴に依存しているのが現状である。

本開発研究の目的は、時間帯の制約を受けずに、誰にでも、簡単に、しかも確実に漏水を発見するために、都市騒音の影響を受けにくい漏水発見装置を開発することにある。

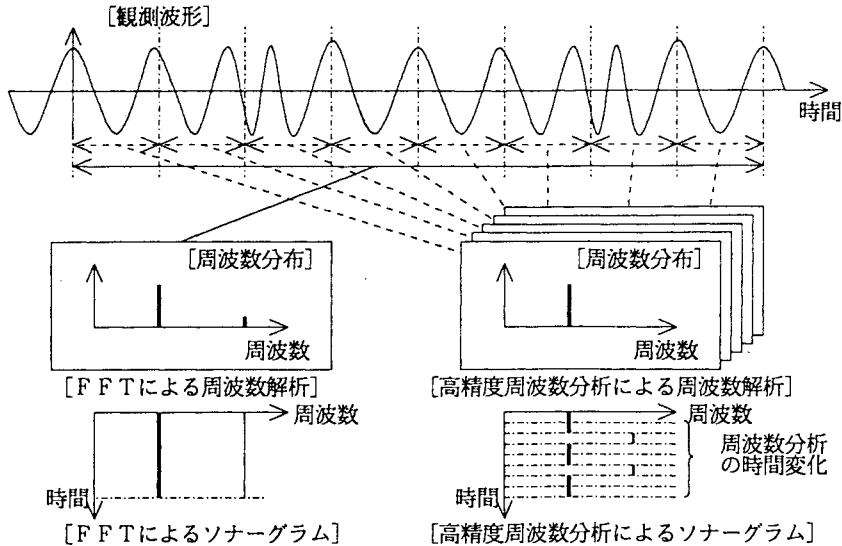
開発成果の概要

過去に漏水音、類似音、障害音を収録した約310例の漏水探査音データについて高精度周波数分析を実施し、次のような結果を得た。

- (1) 周波数分析値をもとに作成した音紋から漏水音に共通する特徴が確認できた。
- (2) 音紋上の特徴量を抽出した。（漏水音の周波数特性において、ピーク周波数とレベルの急峻性などを定量的に把握し漏水音と類似音の分離限界を算出した）
- (3) 抽出した特徴量をパラメータとする2次元平面の中で、漏水音が占める領域が明確化でき、漏水音の自動識別への手がかりを得た。

2 高精度周波数分析

漏水音は、時間経過と共に周波数分布が変化し、その時間的変化に特徴がある。つまり、漏水探査音の周波数分布の時間変化を分析することによって、漏水音とその他の音との判別が可能になる。漏水探査音を分析帯域幅0～5 KHz、分解能20 Hz、ライン数256で分析を実施したが、漏水音と他の音の特徴を抽出することは不可能であった。そこで分析能力を向上させ、分析帯域幅0～4 KHz、分解能2.5 Hz、ライン数1600で漏水探査音を高精度周波数分析した結果、それぞれの音の特徴が抽出できた。



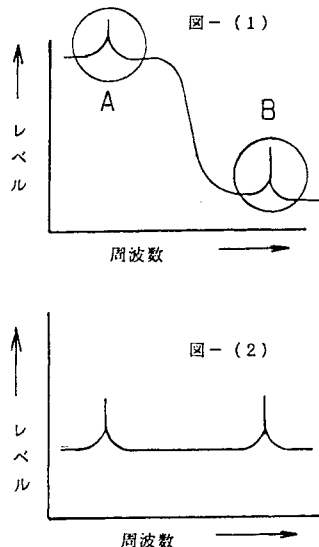
概念図

3 音紋

スペクトラム上のピーク周波数の分布と幅及びこれらのレベルの微細な時間的変化を音紋として視覚化するため、次のような処理を行った。

右図- (1) のレベル対周波数で表したスペクトラムパターンの場合、B点ピークはA点近傍のレベルよりも遥かに低く、このままではB点ピークの特徴は音紋上にはほとんど現れない。このため周波数軸における低域通過フィルターと高域通過フィルター処理を行うことにより右図- (2) のような帯域内の各ピークの特徴を得ることができる。

時間的なピーク周波数分布の微細変化（揺らぎ、分布、強さ）を目視により確認するため周波数軸を横軸にとり、各周波数のレベルを濃淡記録で表し縦軸にその時間経過を表した図- (3) のような音紋を得ることができた。



(1) 漏水探査音の音紋解析

漏水探査音310例の音紋解析を実施した結果、各音ごとに図- (3) に示す特徴が判明した。

(ア) 漏水音 漏水音の音紋の特徴は、複数のピーク周波数を持ち、主な周波数の帯域は0.25～2

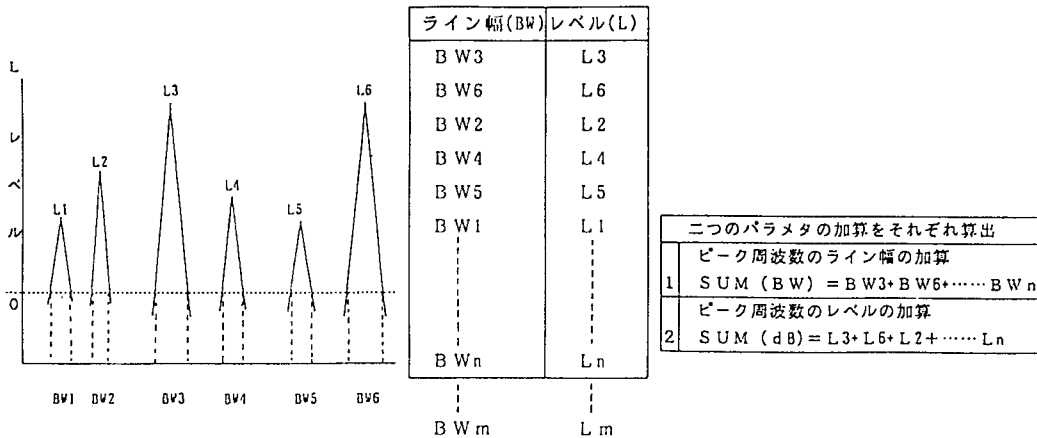
KHz付近にある。そしてピーク周波数のラインが幅を持っておりラインの境界がぼやけている。
 (イ) 類似音 類似音の音紋の特徴は、漏水音とよく似て複数の周波数ピークを持ち、帯域も等しい。
 しかし、漏水音とよく比べるとピーク周波数が多くラインの幅が狭いという特徴が見られる。
 (ウ) 障害音 人工的な音の音紋は、いずれのピーク周波数もライン幅が漏水音と比較すれば狭い。また、車の通過音等のスペクトラムは、500Hz以下で最大レベルは200Hz以下に表れることがわかり、これは帯域制限することにより識別可能である。

図-(3)

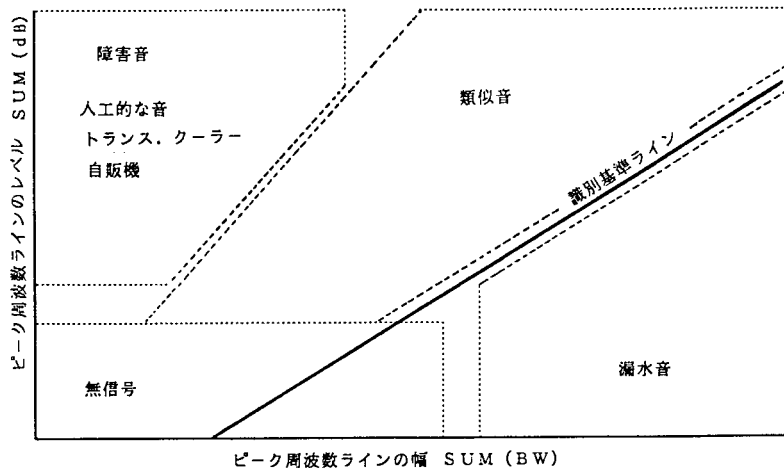
	音の区分	発生原因	特徴
漏水探査音	漏水音	主に、給水管からの水道水の漏水	
	類似音	使用水による流水音	
	障害音	クーラ、トランス 自動車、自動販売機等	

4 自動識別への試み

これまでの分析の結果、漏水音の特徴を音紋として視覚化することが可能となったが、さらに、音紋で判明した特徴を定性的、定量的に抽出する方法として、スペクトラムにスレッショールドレベル(閾値)を設けて特徴パラメータを抽出し、さらに、これを加算処理する方法を試みた。



この結果、特徴をピーク周波数のレベルとライン幅の二つのパラメータで2次元表示し、漏水探査音の中に含まれる各音の分布領域と、識別ラインの設定ができた。このことにより漏水音の自動識別の手掛かりを得た。



5 過去の方式との比較

これまでも周波数分析による漏水発見方法が研究されたが、本方式との比較を述べる。

(1) パターン認識法との比較

パターン認識法は、サンプルデータがどの標準パターンに近いかをみるもので、周波数の分布とレベルが比較的安定しているものに対して有効である。

高精度周波数分析方式は、高い分解能により、周波数の揺らぎ、変動、分布、レベル等が不安定でも識別可能である。

(2) 時間積分方式との比較

時間積分方式は、時間積分率（あるレベル以上の検出音の一定時間内における占有率）を算出することにより、漏水音とその他の音とを識別する方式である。

この方式は占有率のみに着目しているため、漏水音と類似音との識別が難しい。しかし、高精度周波数分析方式は、漏水音と他の音を、分布領域と識別基準ラインにより分離するため、それぞれの音の識別が可能である。

6 おわりに

本稿では、最新の周波数分析技術を水道水の漏水発見に応用した事例を紹介した。

これまでも漏水音の周波数分布に着目した開発の試みはあったが、分解能の限界や処理時間、装置の製作寸法などの制約から実用化に至らなかった。

本手法の開発で上述の成果を得たのは、FFT（高速フーリエ変換）をはじめとする、DSP（デジタル信号処理プロセッサ）等の技術的進歩によるところが大きい。

現在、これまでに得た知見をもとに試作品を製作中であり、この完成を待って、種々の環境条件の下でフィールドテストを行い、高精度で、且つ、操作性に優れた新しい漏水発見器としての実用化を進めていく。更に、この新しい漏水発見器と、現在、当局が別途開発中である漏水位置特定装置、漏水量測定器等を漏水発見、防止作業の中で有機的に組合せ、より効率的な漏水発見と防止を行い、水資源の有効活用を推進していく。